

PAT-NO: JP411264762A

DOCUMENT-IDENTIFIER: JP 11264762 A

TITLE: ECHELLE TYPE SPECTROSCOPE

PUBN-DATE: September 28, 1999

INVENTOR-INFORMATION:

NAME	COUNTRY
TSUBOI, HISAHIRO	N/A
OGISHI, FUMIKAZU	N/A

ASSIGNEE-INFORMATION:

NAME	COUNTRY
SHIMADZU CORP	N/A

APPL-NO: JP10089232

APPL-DATE: March 17, 1998

INT-CL (IPC): G01J003/18, G01J003/24

ABSTRACT:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide the totally uniform and bright spectral image without affected by the shading by a plane mirror for converting an optical path.

SOLUTION: A reflection type Schmidt plate 5 is used, a rotary shaft y1 forming a curved surface of a reflection face of the Schmidt plate and a rotary shaft y2 forming a curved surface of a reflection face of a spherical mirror 6 are same as each other, and the arrangement of the optical elements is determined so that the rotary shaft y2 is shifted from an axis of the incident light of the spherical mirror 6. A spectral image is focused on a surface of an optical-detector 7 through the spherical mirror 6, when

the
luminous flux including the two-dimensional spectral of which the
wavelength is
dispersed by the echelle diffraction grating 3 and diffraction
grating 4 is
introduced to the Schmidt plate.

COPYRIGHT: (C) 1999, JPO

1

2

【特許請求の範囲】

【請求項1】入射光を一方に向かって分散するエシェル回折格子と、該方向と略垂直な方向にエシェル回折格子からの光を分散する次数分離用分散素子とを具備するエシェル型分光器において、

a)前記次数分離用分散素子の素子面で反射した光が入射され、該入射光軸と出射光軸とが相違するように配置された反射型の収差補正光学素子と、

b)該収差補正光学素子からの反射光束の外側に配設された光検出器と、

c)前記収差補正光学素子からの反射光が入射され、前記光検出器の検出面上に光を集光する球面鏡と、
を備えたことを特徴とするエシェル型分光器。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、プラズマ発光分析装置等の分光分析装置に利用されるエシェル型分光器に関する。

【0002】

【従来の技術】回折格子の一種であるエシェル回折格子では、大きなブレーズ角を有する溝が型成されており、入射光に対して高次（例えば数十～百次以上）の回折光を出射光として得ることができるようになっている。或る出射角をもって得られる光には多数の高次の回折光が重なっているため、通常、このエシェル回折格子は次数方向に光を分散する次数分離用光学素子と組み合わせて使用されることが多い。

【0003】図2は、従来の一般的なエシェル型分光器の光路の一例を示す概略構成図である。この構成はいわゆるツェルニターナマウンティング配置によるものであつて、回折格子4、透過型シュミットプレート8、平面鏡10及び球面鏡9がほぼ一直線上に配置されている。発光分析装置の場合にはプラズマトーチ、アーク等の発光源からの輝線スペクトルを含む光が、吸光分析装置の場合にはグラファイトチューブやフレームを通過した吸光線スペクトルを含む光が、入口スリット1を通過して当該分光器に導入される。

【0004】入口スリット1を通過した光は放物面鏡2にてコリメートされ、エシェル回折格子3により入口スリット1の長手方向と垂直な方向に（以下、これを「水平方向」とする）に波長分散される。次に、該分散光は次数分離用の回折格子4により該水平方向と垂直な方向（以下、これを「垂直方向」とする）、つまり次数分離方向に分散され、透過型のシュミットプレート8を通過して球面鏡9に当たる。球面鏡9からの反射光は平面鏡10により反射され、球面鏡9への入射光束の外側に配置された光検出器（例えばCCD撮像器）7の検出面上に結像される。

【0005】シュミットプレート8は主として球面鏡9で生じる球面収差、コマ収差、非点収差を補正するため

の光学素子であって、極力少ない損失でもって紫外光線を透過させるために石英ガラス等の材料から形成され、その素子面は球面鏡9の歪等に応じた曲面となるように研磨等による加工が行なわれる。これにより、回折格子4によって一旦垂直方向に分離された異なる次数の回折光が収差により結像時に重なってしまうことを防止し、高い分解能を保証している。

【0006】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、上記従来のエシェル型分光器の光路構成では、シュミットプレート8と球面鏡9との間の光路上に平面鏡10が配置されているため、シュミットプレート8を通過した光束の一部は平面鏡10によって遮光される（つまり、平面鏡10の影が球面鏡9に投影される）。このため、球面鏡9からの反射光には上記遮光された光束に対応する情報が含まれておらず、その結果、光検出器7において一部の波長領域のスペクトル情報が得られないことになる。

【0007】この遮光の影響を軽減するためには、放物面鏡2、エシェル回折格子3、回折格子4、球面鏡9等の各光学素子を大型化し、回折格子4から球面鏡9に送出する光束の面積を広げて、遮光の影響を相対的に小さくするとよい。しかしこのような方法によても遮光が回避される訳ではないから、遮光される一部の波長領域では他の波長領域よりもスペクトル像が暗くなり、分光測定の感度や精度を劣化させることになる。また、各光学素子を大きくすると素子のコストが高くなり、また分光器全体の小型化が困難になるという問題もある。

【0008】本発明はこのような課題を解決するために成されたものであり、その第1の目的とするところは、分析対象の全ての波長領域において均一な明るさのスペクトル像を得ることができるエシェル型分光器を提供することにある。また、第2の目的とするところは、収差の少ないスペクトル像を得ることができるエシェル型分光器を提供することにある。更に、第3の目的とするところは、安価で製作が容易なエシェル型分光器を提供することにある。

【0009】

【課題を解決するための手段】上記課題を解決するために成された本発明は、入射光を一方に向かって分散するエシェル回折格子と、該方向と略垂直な方向にエシェル回折格子からの光を分散する次数分離用分散素子とを具備するエシェル型分光器において、

a)前記次数分離用分散素子の素子面で反射した光が入射され、該入射光軸と出射光軸とが相違するように配置された反射型の収差補正光学素子と、

b)該収差補正光学素子からの反射光束の外側に配設された光検出器と、

c)前記収差補正光学素子からの反射光が入射され、前記光検出器の検出面上に光を集光する球面鏡と、
を備えることを特徴としている。

【0010】上述のような光学的構成を実現するには、収差補正光学素子の反射面の曲面を或る平面内の多數次関数による曲線を該平面に含まれる或る軸を中心に回転して得られる曲線面とともに、球面鏡の反射面の曲面を或る平面内の二次関数による曲線を該平面に含まれる或る軸を中心に回転して得られる曲線面とし、両者の回転軸を同一方向に揃えるとともに、該回転軸を収差補正光学素子から球面鏡へ送られる光の光軸からずらすようにする。

【0011】

【発明の実施の形態】この光学的構成では、反射型の収差補正光学素子として反射型シュミットプレートや反射型メニスカスを用いることができる。例えば、反射型シュミットプレートは、或る回転軸を中心として所定の関数により得られる曲面を反射面として有している。

【0012】次数分離用分散素子から二次元方向に広がりを有する光束が収差補正光学素子に送られると、該収差補正光学素子は該入射光束の光軸と相違する方向に光を反射する。該反射光は球面鏡に当たり、球面鏡への入射光束の外側に位置する光検出器の検出面上にスペクトル像を結像させる。すなわち、この構成によれば、波長分散素子から光検出器まで至る光路中に、従来の反射鏡のような遮光を生じる素子を挿入する必要がない。なお、収差補正光学素子の反射面の曲率は、光束が当たる領域において光検出器の焦点面上での収差が最良になるように定めるようにしておけば、検出器の検出面上に収差の少ないスペクトル像を結像させることができる。

【0013】

【実施例】以下、本発明に係るエシェル型分光器の一実施例を図1を参照して説明する。図1は、本実施例のエシェル型分光器による光路を示す概略構成図である。本実施例の分光器では、入口スリット1から回折格子4までの光路構成は図2に示した従来のものと同一であつて、回折格子4以降の光路の構成が相違している。

【0014】すなわち、図1において、入口スリット1から導入された光は放物面鏡2により収差の無い平行光束とされ、エシェル回折格子3に照射される。エシェル回折格子3では水平方向に光を分散させ、回折格子4では該分散光を更に垂直方向に分散させて二次元方向の広がりを有するスペクトル光とする。この分散光は反射型シュミットプレート5に送られ、該シュミットプレート5にて反射した光は入射光の光軸とは異なる方向に位置する球面鏡6に送られる。球面鏡6にて反射した光は、その入射光束の外側に位置する光検出器7の検出面上に集光される。

【0015】このような光路構成は、以下の条件を満たすことによって達成される。反射型のシュミットプレート5は、所定の曲面形状に加工されたガラスや合成樹脂等から成る基体の表面にアルミニウム等を蒸着して鏡面を形成したものである。その曲面は、互いに直交

するx1、y1、z1軸から成る三次元座標系Q1において、x1軸及びy1軸を含む平面内の所定関数の曲線をy1軸を中心に回転した形状となっている。一方、球面鏡6の反射面は、互いに直交するx2、y2、z2軸から成る三次元座標系Q2において、該y2軸を回転軸としている。

【0016】それぞれの回転軸であるy2軸とy1軸とは同一方向に揃えられており、該軸方向は、球面鏡6からの反射光による焦点面が入射光束の外側になるように、該入射光束の光軸の方向からずらされている。また、シュミットプレート5の反射面上での中心光の照射点C1と座標系Q1原点との間の距離と、球面鏡6の反射面上での中心光の照射点C2と座標系Q2原点との間の距離とが、ほぼ等しくなるようにシュミットプレート5及び球面鏡6の配置が定められている。

【0017】また、シュミットプレート5反射面の曲率は、光束が該シュミットプレート5の反射面に当たる範囲において、光検出器7の検出面上での収差が最良となるように次式の係数A、Bが定められる。

$$y_1 = A \cdot x^{14} + B \cdot x^{16}$$

なお、このような曲率の定めかたは、従来から知られている種々の手法によることができる。

【0018】このような各光学素子の形状及び配置によって、回折格子4から光検出器7まで至る光路中に障害物を置くことなく、光検出器7の検出面上に収差の小さな二次元スペクトル像を結像させることができる。

【0019】また、収差補正光学素子としてはシュミットプレートの代わりに反射型のメニスカスを使用しても同様の光路構成をすることができる。更に、エシェル回折格子及び回折格子の分散方向は互いに直交した方向であればよく、エシェル回折格子で垂直方向に分散した後、回折格子で水平方向に分散するようにしてもよい。

【0020】また、上記実施例は一例であって、本発明の趣旨の範囲で適宜修正や変形を行なえることは明らかである。

【0021】

【発明の効果】以上のように本発明に係るエシェル型分光器によれば、光軸外しの光路により光検出器に光を導くようにしてるので、従来の光路構成と異なり光束が遮光されることがない。このため、光検出器の検出面上で均一の明るさの二次元スペクトル像を得ることができ、このエシェル型分光器を分光分析装置に用いれば、分析精度や感度を向上させることができる。

【0022】また本発明に係るエシェル型分光器によれば、光路変換のための反射鏡等の光学素子が不要になるとともに、エシェル回折格子等の光学素子に小型のものを使用することができる。このため、分光器全体の小型化が可能になる。

【0023】更に、従来のエシェル型分光器では、透過型の収差補正光学素子を用いる必要があったが、透過型

5

では波長の短い紫外光を減衰なく通過させるために材料の制限があり（例えば石英ガラス等、紫外域で高透過率の材料を用いる必要がある）、いわゆるレブリカ法による量産が行なえなかった。それに対し、本発明では、反射型の収差補正光学素子を用いているので、合成樹脂等の材料を用いてレブリカ法による収差補正光学素子の製造が可能である。従って、コストが大幅に削減できるという利点もある。

【図面の簡単な説明】

【図1】 本発明のエシェル型分光器の一実施例による光路を示す概略構成図。

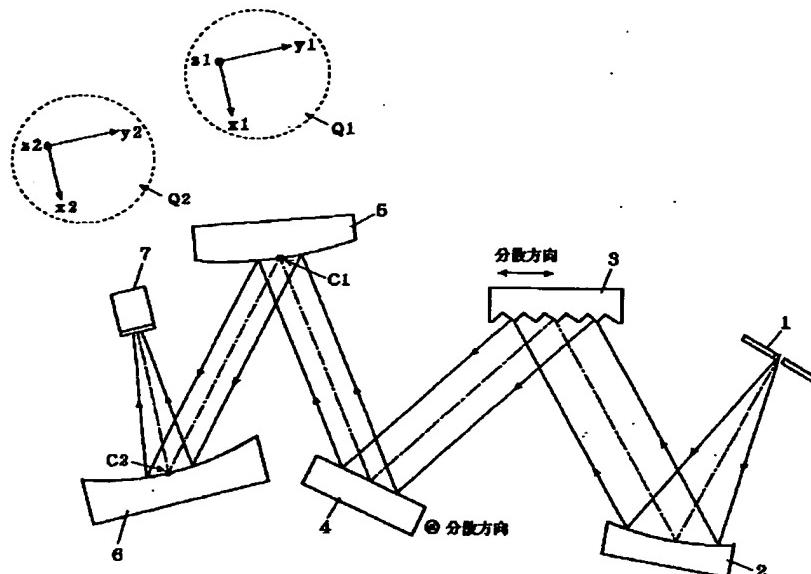
6

【図2】 従来のエシェル型分光器による光路を示す概略構成図。

【符号の説明】

- 1…入口スリット
- 2…放物面鏡
- 3…エシェル回折格子
- 4…回折格子
- 5…反射型シュミットプレート
- 6…球面鏡
- 7…光検出器

【図1】



【図2】

